

# Vattenbalansberäkningar för Listerbyån

Upprättande av en vattenbalansmodell samt analyser  
av framtida klimat med fokus på medel- och lågflöden



**Sweco Sverige AB**  
**Uppdrag**  
**Uppdragsnummer**

RegNo 556767-9849  
Vattenbalansberäkning i Listerbyån  
30041019

**Kund**  
**Ver**

Ronneby kommun  
1.0

**Granskad av**

Håkan Persson

**Datum**

2022-11-30

**Upprättad av**

Diana Fuentes-Andino, Joel Dahné

**Dokumentreferens**

\\sestofs010\projekt\25463\30041019\_vb\_\ronnebykommun\000\10\_docs\rapport\sweco 2022\_vattenbalansberäkningar för listerbyån\_v1.0.

# Innehållsförteckning

|  |   |
|--|---|
| Sammanfattning.....  | 4   |
| 1. Bakgrund .....  | 6   |
| 2. Syfte .....   | 7   |
| 3. Områdesbeskrivning.....   | 8   |
| 4. Vattenbalansmodell .....  | 9   |
| 4.1 Beräkningsverktyg.....   | 9   |
| 4.2 Dataunderlag.....  | 9   |
| 4.2.1 Avrinningsområdet.....   | 9   |
| 4.2.2 Observerade flöden .....   | 11  |
| 4.2.3 Markavrinning .....  | 11  |
| 4.2.4 Nederbörd .....  | 11  |
| 4.2.5 Avdunstning .....  | 11  |
| 4.2.6 Sjöar, dammar och regleringar .....                                  | 11  |
| 4.2.7 Vattenuttag.....   | 12  |
| 4.2.8 Vattenöverföring .....   | <b>Fel! Bokmärket är inte definierat.</b> |
| 4.2.9 Framtida klimat (klimatfaktorer) .....                               | 12  |
| 4.3 Beskrivning av framtida klimat i vattenbalansmodellen .....            | 12  |
| 4.4 Modellvalidering .....   | 14  |
| 4.5 Modellosäkerheter .....  | 15  |
| 5. Analyser och resultat.....  | 16  |
| 5.1 Analys av torra förhållanden i dagens klimat .....                     | 16  |
| 5.2 Resultat klimatberäkningar med vattenbalansmodell .....                | 17  |
| 5.2.1 Medelvattenföring .....  | 17  |
| 5.2.2 Lågvattenföring .....  | 19  |
| 6. Översiktligt om vattenhushållning och torka.....                        | 21  |
| 6.1 Två rapporten om torka och åtgärder .....                              | 21  |
| 6.2 Överslagsberäkningar av vattenbehov och magasineringsmöjligheter ..... | 23  |
| 7. Sammanfattning och slutsatser .....                                     | 25  |
| Bilaga A – Klimatanalyser.....   | 26  |
| Bilaga B – Klimatfaktorer .....  | 28  |
| Bilaga C – Sjöinformation .....  | 30  |

# Sammanfattning

I syfte att få en bättre förståelse för den vattenhållande förmågan i landskapet, samt att kunna undersöka effekten av olika vattenhushållande åtgärder, har Sweco fått i uppdrag av Ronneby kommun att upprätta en vattenbalansmodell för Listerbyån. Särskilt fokus har legat på att beskriva Listersjöns och Hängbrunnens avbördande och magasinerande förmåga. Modellen har använts för att undersöka hur framtida klimatförändringar kan komma att påverka flödet i vattendraget. Både vid upprättandet av modellen och i analyserna av påverkan på flödet i ett framtida klimat har fokus varit på medel- och lågflödesförhållanden.

Analysen av hur ett ändrat klimat påverkar flödet i Listerbyån visar att man kan förvänta sig lägre flöden sommartid och högre flöden vintertid. Minskningarna av sommarflöden förväntas bli mycket stora mot slutet, speciellt för det högre av de två undersökta utsläppsscenarierna. Dagar med lågflöden blir fler och vid Listerbyåns mynning beräknas en genomsnittlig torrperiod bli en månad längre än under de senaste decennierna (där en torrperiod i genomsnitt varit 1,7 månader enligt den definition av lågflöde som används här).

Resultaten pekar mot att torra motsvarande sommaren 2018 blir vanligare framöver än den är idag. Dock förväntas situationer som 2018 inte bli det normala ens mot slutet av seklet.

Överslagsberäkningar visar att det finns god potential att spara vatten i Listersjön för att kunna använda detta under lågflödesperioder. Dock behöver detta studeras närmare för att kunna dra slutsatser om den reella kapaciteten och vilken påverkan ökad lagring kan ha på tex vattennivåer och högflöden.

---

Följande förkortningar för olika karaktäristiska flöden används i rapporten.

MQ – Medelflödet under en tidsperiod.

MLQ – Medel av varje års lägsta flöde under en tidsperiod. Detta är ett vedertaget mått på lågflöden, men som inte är särskilt extremt utan uppträder ungefär vartannat år.

LLQ – Det lägsta flödet under en tidsperiod

# 1. Bakgrund

Människans historiska påverkan på Listerbyån har bidragit till vattnets minskade uppehållstid. Några påverkans exempel kan vara rensning, rätning av vattendrag och utdikning av våtmarker. Ytvattensförekomster ska, enligt vattenförvaltningen, nå en god ekologisk och kemisk status. För att nå detta syfte finns både miljö kvalitetsnormer och statusklassificering för vattendrag. Miljö kvalitetsnormer beskriver den vattenkvalitet som ska uppnås vid en viss tidpunkt, medan statusklassificering beskriver den aktuella vattenkvaliteten i vattenförekomsten. En statusklassificering som inte uppnår miljö kvalitetsnormen tyder på att åtgärder behöver vidtas.

Listerbyån ingår delvis i ett Natura2000 område och ån mynnar ut i Östersjön och naturreservatet Listerby skärgård, där 75 % av reservatets yta är hav. Listerbyån uppnår idag inte God ekologisk status. Främsta orsakerna till det beror på förändrad morfologi och brist på konnektivitet. Dessutom har många svämplan som tidigare fyllt en viktig funktion försvunnit genom förändrad markanvändning eller hydrologi. Listerbyån används idag som dricksvattentäkt genom förstärkning av grundvattenresursen Johannishusåsen vid Leråkra och Djurtorp.

Under hösten 2018 var vattenläget i Ronneby kommun allvarligt. Den långa torkan under sommaren 2018 och uteblivna höstregnet ledde till historiskt låga nivåer i vattendragen.

Utifrån dessa utmaningar så har projektet "Vad skulle göra Bräkneån och Listerbyån bättre?" tagits fram. Det är en del i genomförande av Ronneby kommuns hållbarhetsstrategi för 2022–2025 där det ingår ett fokusområde för livskraftig natur och hållbara livsmiljöer. Projektet är uppdelat i två delar, en biotopkartering samt en hydromorfologisk åtgärdsplan och en vattenbalansberäkning. Projektet finansieras med medel från den Lokala naturvårdssatsningen (LONA).

## 2. Syfte

Det huvudsakliga syftet med projektet är att upprätta en vattenbalansmodell som kan användas för att studera medel- och lågflödesförhållanden samt ökad vattenhushållning inom Listerbyåns avrinningsområde. Utöver upprättande av modellen har projektet haft som syfte att analysera hur ett förändrat klimat kan påverka medel- och lågflödesförhållandena i Listerbyån.

### 3. Områdesbeskrivning

Listerbyåns avrinningsområde sträcker sig 32 km i nästan rak nord-sydlig riktning. Längst upp i avrinningsområdet ligger den lilla sjön Getråsen som är en källsjö för vattendraget. Från Getråsen rinner Listerbyån åt sydöst för att i höjd med Eringsboda vika av i rakt sydlig riktning. Flera sjöar passeras innan ån mynnar i Östersjön. De största är, från uppströms håll räknat, Stensjön, Ljusterhövden och Listersjön. Sjön Sannen, som är en av de större sjöarna inom avrinningsområdet, ligger i ett biflöde till Listerbyån som mynnar strax uppströms Listersjön. Samtliga sjöar som nämnts är runt 1 km<sup>2</sup> i storlek förutom Listersjön som är 2 km<sup>2</sup>. Listerbyåns avrinningsområde och sjöarna inom det visas i Figur 1.

Den största delen av Listerbyåns avrinningsområde ligger inom Blekinge län, men de allra nordligaste delarna av avrinningsområdet ligger i Kronobergs län.



## 4. Vattenbalansmodell

Detta kapitel beskriver den vattenbalansmodell som upprättats inom projektet, ingående data samt kalibreringsresultat.

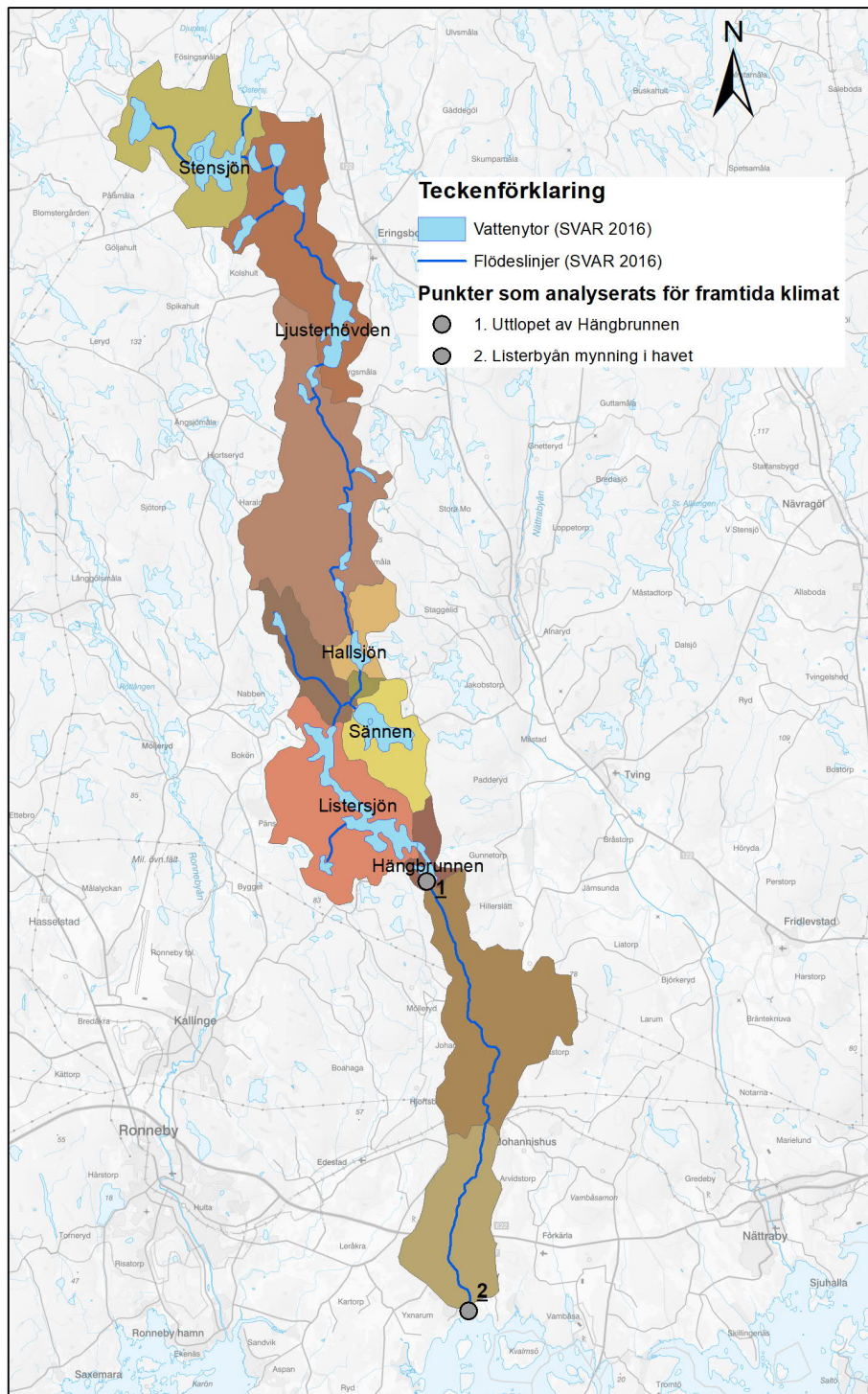
### 4.1 Beräkningsverktyg

Vattenbalansmodellen har byggts upp i beräkningsverktyget MIKE HYDRO Basin – avsett för att modellera flöden i vattendrag och nivåer i sjöar. I modellen beskrivs naturliga komponenter som avrinningsområden, markavrinning, nederbörd, avdunstning samt avbördning från sjöar. Mänsklig påverkan på systemet såsom vattenuttag, dämmen och regleringar tas också med som indata till modellen. Tidsserier på markavrinning, samt nederbörd och avdunstning från vattenytor är det tidsberoende indatat till modellen.

### 4.2 Dataunderlag

#### 4.2.1 Avrinningsområdet

Listerbyåns huvudavrinningsområde är indelat i 11 mindre delavrinningsområden. Dessa kommer från databasen Svenskt VattenArkiv (SVAR version SVAR\_2016\_3), se Figur 1.



Figur 1. Karta över Listerbyåns avrinningsområde indelat i delavrinningsområden med punkter för resultatredovisning.

#### 4.2.2 Observerade flöden

Inga flödesobservationer finns tillgängliga inom Listerbyåns avrinningsområde.

#### 4.2.3 Markavrinning

Beräknad markavrinning finns tillgängligt på SMHI Vattenwebb<sup>1</sup>. Data finns tillgängligt för perioden 1991 till 2022 som dygnsmedelvärden. Detta data används i modellen för att beräkna tillrinning till sjöar och vattendrag.

#### 4.2.4 Nederbörd

Nederbörd behövs i modellen för att beräkna tillkommande vatten över vattenytor (för övriga ytor är nederbörden redan inkluderad i beräkningarna för markavrinningen). Nederbördsdatat kommer från SMHI:s databas PTHBV som är en interpolering av stationsdata där det också tas hänsyn till bl.a. topografi och vindar. Databasen är i ett rutnät om 4x4 km<sup>2</sup> och täcker hela Sverige för perioden 1961–2020.

#### 4.2.5 Avdunstning

Avdunstning beräknades utifrån dygnsmedeltemperatur som kommer från ovan nämnda PTHBV-databas. Beräkningarna kalibrerades mot tidigare analyser<sup>2</sup> som tar hänsyn till fler faktorer än bara temperaturen och kan anses som mer exakta. Avdunstningen användas för att beräkna hur mycket vatten som försvinner för vattenytor (för övriga ytor är avdunstningen redan inkluderad i beräkningarna för markavrinning).

#### 4.2.6 Sjöar, dammar och regleringar

Hur en sjö påverkar flödet (flödesdämpningen i sjön) bestäms av storleken och sjöns avbördningssamband. Generellt kan sägas att det är de större sjöarna som ligger längs Listerbyån som har störst påverkan på flödet. Flödespåverkan från de många mindre sjöarna i området är mindre.

Information saknas för sjöutloppen inom avrinningsområdet, också för de större sjöarna. Det är främst information om storlek (area och djup) som finns att tillgå. Avbördningssambandet har bestämts efter en generell metod som tar hänsyn till sjöns area och medelflödet<sup>3</sup>. Bilder finns från Hängbrunnens utlopp (se *Bilaga C*). Från bilderna framgår att tre luckor regleras sjöns nivå. Hur regleringar sker är okänt, sjöutloppet har därför beskrivits med en standardiserad avbördningskurva i modellen (likt de andra sjöarna i systemet). I modellen har det också lagts in ett reglerbart utskov (som är passivt) samt en mintapning.

I *Bilaga C - Sjöinformation*, redovisas den information som finns om de större sjöarna och som använts vid modelleringen.

<sup>1</sup> <https://vattenwebb.smhi.se/nadia/> och <https://vattenwebb.smhi.se/modelarea/> S-Hype version: 2016 16h med HYPE version: 5.15.0

<sup>2</sup> Bertil Eriksson 1981. Den "potentiella" evapotranspirationen i Sverige.

<sup>3</sup> Simon Andersson 2012. Avbördningsekvationer för sjöar utan vattenföringsmätningar.

#### 4.2.7 Vattenuttag

Ett större vattenuttag ur Listerbyån har beaktats i modellen, vattenuttaget vid Hjortsberga. Data över dessa har erhållits från Ronneby kommun på årsbasis. Uttaget har i modellen lagts in som årsvisa medelvärden på i genomsnitt 32 l/s. Uttaget utgör ca 5% av beräknad medelvattenföring (MQ) vid mynningen. Sett till beräknad MLQ utgör uttaget 62%.

En fältinventering gjord 2022<sup>4</sup> identifierade att det fanns 27 möjliga uttag ur Listerbyån i form av slangar ner i vattendraget. Sträckan som ingick i inventering var längs Listerbyån från mynningen i havet till Listersjön. Om det faktiskt sker några vattenuttag, och i så fall hur stora dessa är, är okänt. Uttagen har därför inte lagts in i beräkningsmodellen.

I simuleringar av framtida klimat använts samma information om vattenuttag som i nuläget.

#### 4.2.8 Framtida klimat (klimatfaktorer)

SMHI<sup>5</sup> har använts som källa för information om klimatförändringar vad gäller förändringar i temperatur, nederbörd och markavrinning. I projektet har det använts information från två utsläppsscenarioer. Ett scenario med högre utsläpp av växthusgaser (RCP8,5) och ett med lägre utsläpp (RCP4,5). För varje utsläppsscenario finns resultat från 17 olika simuleringar med klimatmodeller för nederbörd och temperatur. Dessa värden har använts av SMHI:s i en hydrologisk modellen för att beräkna markavrinning.

Månadsvisa förändringar mellan en referensperiod (1971–2000) och tre olika framtida perioder (2011–2040; 2041–2070 och 2071–2100) redovisas för ett antal parametrar (däribland nederbörd, temperatur och markavrinning som har använts i detta projekt). Värden på denna förändring kallas här för klimatfaktorer. Samma klimatfaktorer har använts över hela Listerbyåns avrinningsområde (dessa är desamma som användes i motsvarande studie för Bräkneån<sup>6</sup>).

Osäkerheterna i resultatet från klimatmodellerna är stora vilket visar sig genom att resultatet från de 17 olika klimatmodellerna skiljer sig mycket åt och, beroende på parameter och tidsperiod, ibland pekar åt olika håll för förändringen. Generellt är förändringen i temperatur mer säker än förändring i nederbörd och markavrinning (se Figur 2). Klimatfaktorerna från SMHI är beräknade mot en annan tidsperiod (1971–2000) än den som används i projektet (1992–2020). Detta medför en viss risk för överskattning av förändring mellan nuläget och framtidsperioderna. Effekten av detta bedöms vara liten sett till de beräknade förändringarna i flödet.

### 4.3 Beskrivning av framtida klimat i vattenbalansmodellen

<sup>4</sup> [Förbättrad vattenstatus Listerbyån och Bräkneån - ronneby.se](https://www.sveco.se/meddelanden/forbatttrad-vattenstatus-listerbyan-och-braknean-ronneby.se)

<sup>5</sup> <https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/fordjupade-klimatscenarioer>

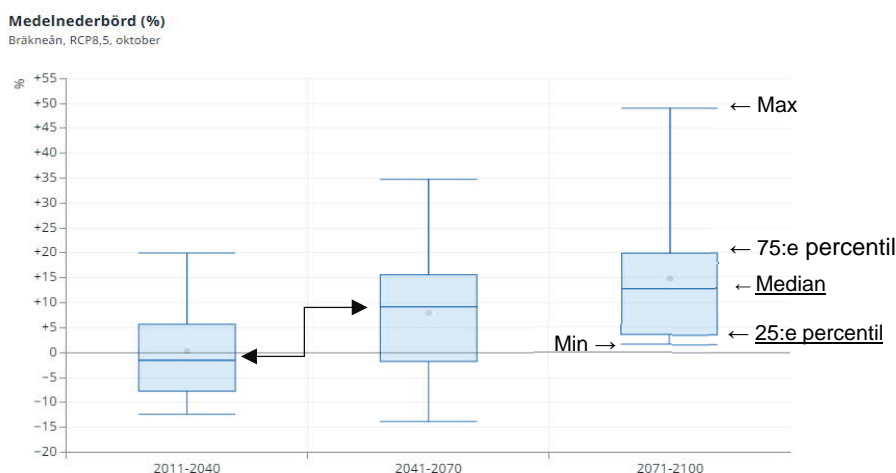
<sup>6</sup> Vattenbalansberäkningar för Bräkneån, Sweco 2022

Klimatfaktorerna (stycke 4.2.8) beskriver hur medelvärden förändrar sig månadsvis, det sätter en begränsning för hur extremer beräknade av modellen kan tolkas. För att studera frågan hur extrema lågflöden (tex som de år 2018) kan komma att ändras i framtiden skulle behövas ett mer detaljerat underlag, vilket inte redovisas av SMHI. Att studera hur det tämligen vanligt förekommande lågflödet MLQ förändras bedöms dock vara rimligt utifrån befintligt underlag.

Klimatfaktorerna har använts för två fall:

- 1- Normal: Medianen av förändringen bland de 17 klimatmodellerna för den framtida perioden. Det är lika sannolikt med ett blötare/torrare, varmare/kallare utfall av utsläppsscenario.
- 2- Torrt: 25:e percentilen för förändring i nederbörd och markavrinning samt 75:e percentilen för temperatur bland de 17 klimatmodellerna. Detta fall kan tolkas som ett väldigt torrt, men möjligt, utfall. Eftersom man skapar en tidsserie med torra förhållanden varje månad blir varianten extremt torr på årsbasis. En jämförelse med helårsstatistik på förändringen visar att beräkningarna ligger i nivå med de mest extrema resultaten av de 17 klimatmodellerna.

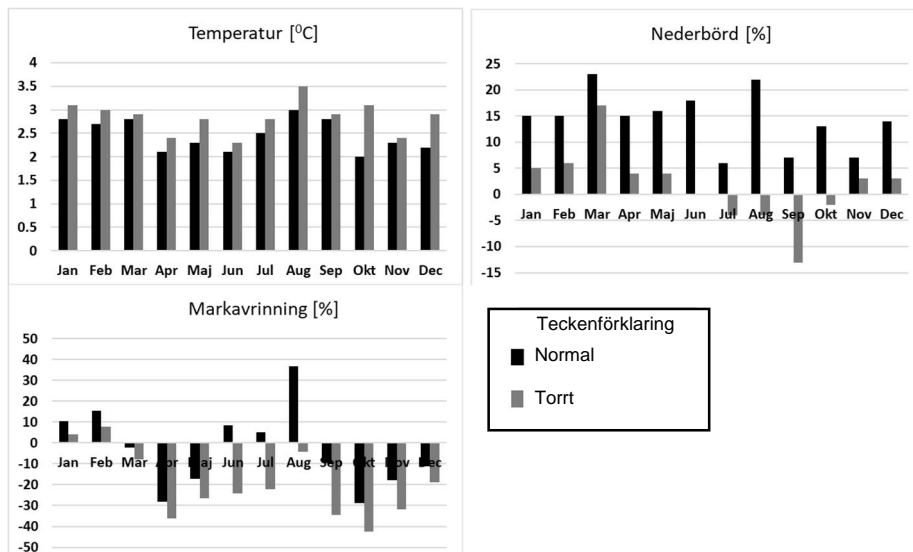
Figur 2 visar ett exempel på förändringen i medelnederbörden för oktober månad enligt ett utsläppsscenario (det högre, RCP8,5). För var och en av de tre framtida perioderna redovisas spridningen bland de 17 klimatmodellerna. Figur 3 visar exempel på de månadsvisa klimatfaktorer som använts i vattenbalansmodellen.



Figur 2. Exempel på underlag för månadsvisa klimatfaktorer från SMHI:s fördjupade klimatscenariotjänst där de understrukna percentilerna är de som använts för nederbörd). Den dubbelriktade pilen belyser skillnaden i medianvärdet mellan två tidsperioder.

Spridningen i grafen motsvaras av spridningen bland de 17 klimatmodeller som underlaget bygger på. (<https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/fordjupade-klimatscenerier>)

### Exempel på använda klimatfaktorer



Figur 3. Exempel på månadsvisa klimatfaktorer för de tre tidsberoende indataparametrarna till modellen. Exemplet gäller förändring för utsläppsscenarioet RCP8,5 och för tidsperioden 2071–2100 (jämfört med perioden 1971–2000).

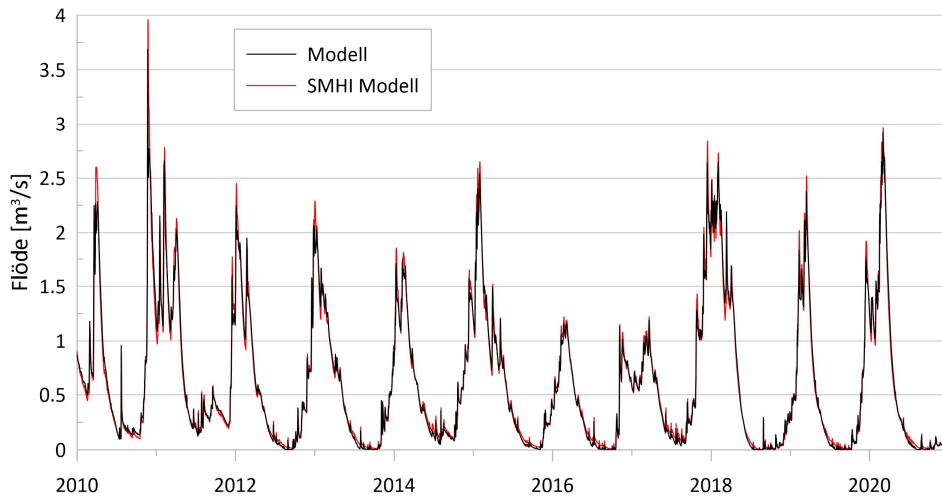
## 4.4 Modellvalidering

Det finns inga mätningar i Listerbyån att utvärdera modellens förmåga att efterlikna verkligheten mot. Samma metod för modellering i Bräkneån gav dock en bra överensstämmelse för låg och medelflöden då beräkningar jämfördes med uppmätta flöden<sup>7</sup>. För högflöden var överensstämmelsen sämre, men det var inte heller syftet med modellen att beskriva dessa.

Resultatet för den uppsatta modellen jämfördes med SMHI:s beräkningar<sup>8</sup> gällande för mynningen i havet. Jämförelsen visar att beräkningarna är mycket lika, vilket är väntat då den uppsatta modellen bygger på den markavrinning som SMHI har beräknat. Den skillnad som ändå syns (mest i flödestopparna) bedöms bero på skillnader i hur avbördningen från sjöar beräknas.

<sup>7</sup> Vattenbalansberäkningar för Bräkneån, Sweco 2022

<sup>8</sup> <https://vattenwebb.smhi.se/>



Figur 4. Jämförelse i beräknat flöde vid mynningen mellan den uppsatta modellen och beräkningar från SMHI (<https://vattenwebb.smhi.se/>).

Modellvalideringen visar att den uppsatta modellen ger rimliga resultat, men utan uppmätta flöden att utvärdera modellen mot är det svårt att säga något exakt om hur väl modellen efterliknar verkligheten.

## 4.5 Modellosäkerheter

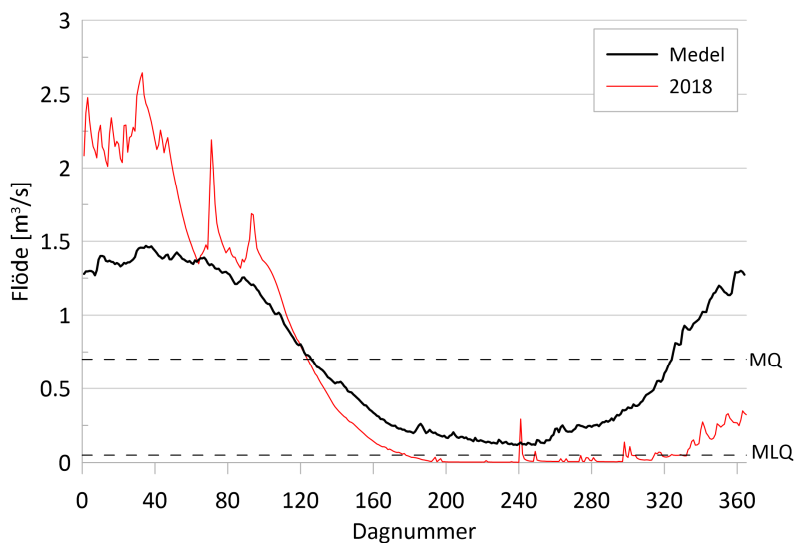
Fet inte finns mätningar i vattendraget att jämföra beräknade flöden mot vilket gör att osäkerheterna generellt ökar. Baserat på erfarenhet och från liknande modellering i Bräkneån bedöms dock följande gälla:

- Höglöden – Stor osäkerhet (detta har inte varit i fokus för modelleringen)
- Medelflöden – Låg osäkerhet
- Vanliga låglöden – Låg osäkerhet
- Extrema låglöden – Hög osäkerhet (uttag och regleringar påverkar dessa i hög grad, information om dessa saknas, extremer är också generellt svårare att simulera än medelförhållanden).

## 5. Analyser och resultat

### 5.1 Analys av torra förhållanden i dagens klimat

Då året 2018 var särskilt torrt har beräknade flöden för detta år jämförts med långtidsmedelvärden. Resultatet av analysen presenteras i Figur 5 och statistik redovisas i Tabell 1. Som framgår var flödena år 2018 mycket låga långt in på hösten/vintern.



Figur 5. Observerade flöden vid SMHI:s mätstation Bräkne-Hoby. Svart heldragen linje visar medel av observationer, orange linje visar flödet 2018 och ljusblå linje visar flödet 2020.

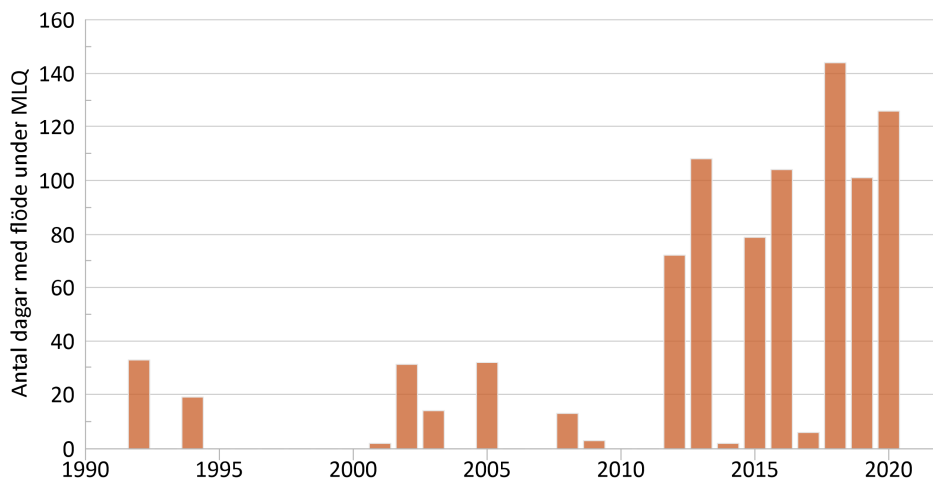
Tabell 1. Beräknade karaktäristiska flöden och statistik för Listerbyåns mynning i havet.

|   | 1992–2020                 | 2018                      |
|---|---------------------------|---------------------------|
| MQ [m <sup>3</sup> /s]  | 0,71 [m <sup>3</sup> /s]  | 0,65 [m <sup>3</sup> /s]  |
| MLQ [m <sup>3</sup> /s]   | 0,05 [m <sup>3</sup> /s]  | -                         |
| LLQ [m <sup>3</sup> /s]   | 0,002 [m <sup>3</sup> /s] | 0,002 [m <sup>3</sup> /s] |
| Andel år med flöden under MLQ   | 59%                       | -                         |
| Antal dagar (medel) med flöde mindre än MLQ (för år då det inträffar) | 52                        | 144                       |

För att ge en överblick över förekomsten av år med torra förhållanden redovisas i Figur 6 en tidsserie med antal dagar per år med flöden under MLQ beräknat för Listerbyåns



myrning i havet. 2018 var det torraste året i dataserien (drygt 140 dagar) även om flera år under senaste 10-årsperioden varit torra.



Figur 6. Antal dagar per år med flöden mindre än MLQ (0,05 m³/s), data för perioden 1992 till 2020.

## 5.2 Resultat klimatberäkningar med vattenbalansmodell

Resultat presenteras för Listerbyåns myrning i havet. Den andra punkten i vattendraget som analyserats, utflödet ur Hängbrunnen, redovisas i Bilaga A.

### 5.2.1 Medelvattenföring

Sett över året förväntas inga stora förändringar i medelvattenföring mot slutet av seklet, se

Tabell 2, även om samtliga beräkningar här visar en minskning. Undantaget är det torra scenariot där en större minskning av medelflödet förväntas.

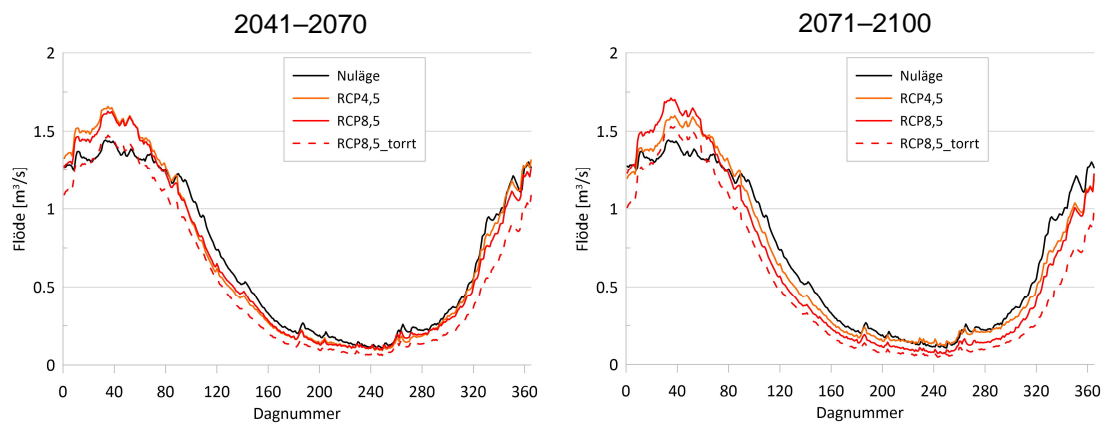
Sett till bara sommarhalvåret beräknas minskningar av flödet att ske. I slutet mot seklet med upp mot 30% minskning för RCP8,5 mot slutet av seklet och 40% i det torraste scenariet.

För både beräkningarna för RCP8,5(normal) mot slutet av seklet samt RCP8,5(Torrt) scenariot beräknas medelflödet under sommarhalvåret vara lägre än det för 2018. Det kan poängteras att sett till medelvattenföringen var året 2018 inte så extremt då det var tämligen blött i början på året.

Tabell 2. Resultat för klimatanalys av medelflöden i Listerbyåns mynning i havet.

| Variant | Utsläpps-scenario | Tidsperiod | MQ helåret [m <sup>3</sup> /s] | MQ sommar apr-sept [m <sup>3</sup> /s] |
|---------|-------------------|------------|--------------------------------|--|
| Nuläge  | -                 | 1992–2020  | 0,71                           | 0,40                                   |
| År 2018 | -                 | 2018       | 0,65                           | 0,30                                   |
| Normal  | RCP4,5            | 2041–2070  | 0,68                           | 0,32                                   |
| Normal  | RCP4,5            | 2071–2100  | 0,67                           | 0,35                                   |
| Normal  | RCP8,5            | 2041–2070  | 0,67                           | 0,33                                   |
| Normal  | RCP8,5            | 2071–2100  | 0,63                           | 0,29                                   |
| Torrt   | RCP8,5            | 2071–2100  | 0,53                           | 0,24                                   |

Fördelningen mellan sommar- och vinterflöden förväntas ändras så det generellt blir högre flöden vintertid och lägre på sommaren (se Figur 7).



Figur 7. Medelflöde för samtliga dagar under året enligt två utsläppsscenarioer och för två olika tidsperioder (2041–2070 och 2071–2100).

## 5.2.2 Lågvattenföring

Tittar man lite närmare på lågflöden beräknas MLQ att minska i samtliga scenarier, en större minskning syns i det högre RCP8,5(normal) samt i RCP8,5(torrt). Andel år med lågflöden och varaktigheten av sådana lågflödesperioder ökar i samtliga scenarier. I det torra scenariot förväntas flöden under dagens MLQ i stort sett uppträda varje år.

Varaktigheten av torkan under 2018 var extrem och inget av scenarierna visar att en sommar ur den aspekten blir det normala i framtiden. Samtliga scenarier pekar dock mot att liknande situationer kan komma att bli vanligare i framtiden.

Tabell 3. Resultat för klimatanalys av lågvattenföring för Listerbyåns mynning i havet.

\*För 2018 motsvarar MLQ det lägsta flödet under året.

| Variant | Utsläpps-scenario | Tidsperiod | MLQ [l/s] | Andel år då flöden under $MLQ_{nuläge}$ förekommer | Medel, antal månader med flöden under $MLQ_{nuläge}$ (för år då dessa förekommer) |
|---------|-------------------|------------|-----------|--|---|
| Nuläge  | -                 | 1992–2020  | 52        | 59%  | 1,7   |
| År 2018 | -                 | 2018       | 2*        | -  | 4,8   |
| Normal  | RCP4,5            | 2041–2070  | 37        | 72%  | 2,1   |
| Normal  | RCP4,5            | 2071–2100  | 42        | 69%  | 1,9   |
| Normal  | RCP8,5            | 2041–2070  | 36        | 72%  | 2,1   |
| Normal  | RCP8,5            | 2071–2100  | 24        | 83%  | 2,5   |
| Torrt   | RCP8,5            | 2071–2100  | 13        | 97%  | 2,9   |

## 6. Översiktligt om vattenhushållning och torka

I detta kapitel förs en översiktlig diskussion om vattenhushållning och torka, baserad på överslagsberäkningar samt två rapporter från SMHI. Vattenbalansmodellen som har tagits fram utgör dock ett bra verktyg för att framöver studera dessa frågor mer i detalj.

### 6.1 Två rapporten om torka och åtgärder

I en studie från SMHI<sup>9</sup> undersöktes vilka faktorer som generellt påverkar lågflöden i Sverige. Studien kom fram till följande faktorer som påverkar lågflöden:

- *Nederbörden är den viktigaste faktorn. Effekten är relativt säker.*
- *Ökad temperatur påverkar lågflödena, genom ökad avdunstning. Möjligen ger den hydrologiska modellen med nuvarande parameterinställningar en överskattad uttorkning med ökad temperatur. Resultaten är därför lite mer osäkra.*
- *Sjöar har stor effekt, särskilt om de regleras. Vatten sparas till torrperioder. Resultaten är ganska säkra. I torra områden kan sjöar dock fungera som sänkor och ge lägre lågflöden, på grund av hög avdunstning.*
- *De hittills anlagda våtmarkerna har haft försumbar effekt på lågflödena i regional skala, eftersom de använda arealerna är små. Resultaten är ganska osäkra eftersom magasineringen av vatten i våtmarker inte är känd. Mätningar av vattenstånd i våtmarker skulle ge ytterligare kunskap om effekten. Rätt utformade skulle våtmarker kunna ha en positiv effekt, särskilt lokalt.*
- *Förlängda vattendrag verkar ha liten betydelse för lågflödena.*
- *Markanvändningen tycks ha liten effekt, men resultaten är mer osäkra.*
- *Isälvsmaterial bidrar enligt resultaten till högt MLQ, medan bland annat lera bidrar till lägre MLQ.*
- *Vattenuttag och bevattning kan ha ganska stor effekt. Effekten av vattenuttag är förstås enkel att beskriva i en beräkning. Däremot är vattenuttagen ännu ganska dåligt kända, och svåra att komma åt för modellberäkningar.*
- *Jordbruksdräneringen påverkar lågflödena ganska lite enligt beräkningarna.*

---

<sup>9</sup> Hydrologiska aspekter på åtgärder mot vattenbrist och torka inom avrinningsområden, SMHI HYDROLOGI Nr 122, 2019

Vad gäller åtgärder mot lågflöden finns också där en SMHI rapport<sup>10</sup>. I rapporten finns följande tabell (Tabell 4) på åtgärder och deras inverkan på lågflöden.

Tabell 4. Åtgärder för att minska vattenbrist i ytvattentäkter och vilken effekt de kan ha.

Blå – Stor effekt

Grön – Märkbar effekt

Gul – Liten effekt

Vit – Ingen effekt / Åtgärd inte aktuell

| Åtgärd                                  | Förebyggande effekt på lågflöden i ytvattentäkter  |  | Åtgärdens effekt i en akut lågflödessituation                                |
|---|--|--|--|
|   | Mindre skala (delavrinningsområde)   | Större skala (huvudavrinningsområde)   |  |
| Reglering av sjöar uppströms vattentäkt | Stor effekt men effekten är beroende av att det finns sjöar att reglera.                                 | Stor effekt men effekten är beroende av att det finns sjöar att reglera.     | Stor effekt men effekten är beroende av att det finns sjöar att reglera.     |
| Förändrade vattenuttag                  | Märkbar effekt men förutsätter att det finns möjlighet att begränsa uttagen.                             | Märkbar effekt men förutsätter att det finns möjlighet att begränsa uttagen. | Märkbar effekt men förutsätter att det finns möjlighet att begränsa uttagen. |
| Anläggande av våtmark/småsjöar          | Effekten varierar beroende på var och hur våtmarken anläggs. Effekten kan vara både positiv och negativ. | Stora ytor krävs för effekt.   | Inte aktuellt  |
| Ökad andel hårdgjorda ytor              | Marginell lokal effekt   | Ingen effekt   | Inte aktuellt  |
| Återmeandering av vattendrag            | Viss lokal effekt  | Marginell effekt på lågflöden i ytvattentäkter                               | Inte aktuellt  |
| Borttagning av dräneringsrör            | Viss lokal effekt  | Marginell effekt på lågflöden i ytvattentäkter                               | Inte aktuellt  |
| Återställning av diken                  | Viss lokal effekt  | Marginell effekt på lågflöden i ytvattentäkter                               | Inte aktuellt  |

Från rapporterna kan man dra slutsatsen att reglering av sjöar är kan vara en effektiv metod för vattenhushållning. Det är också viktigt att få kontroll på de vattenuttag som finns då dessa kan utgöra en stor andel av flödet under torra förhållanden, då också bevattningsbehovet ofta är som störst. Att anlägga våtmarker eller återställa sänkta sjöar kan ha betydelse för lågflöden, men mest på lokal nivå. I vissa fall kan dock de tillskapade vattenytorna öka avdunstningen och på så sätt bidra till minskade lågflöden.

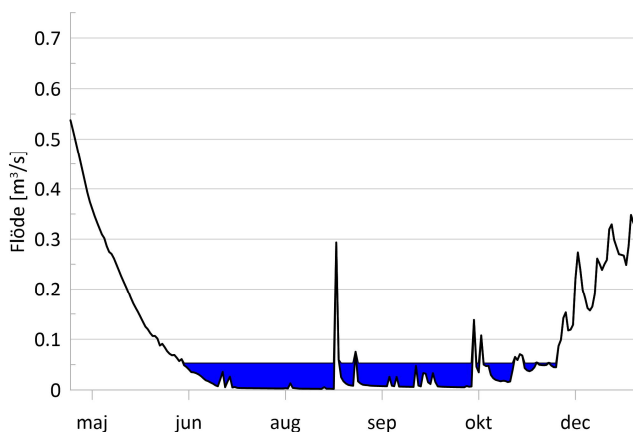
<sup>10</sup> Modellstudie för att undersöka åtgärder som påverkar lågflöden, – Delrapport 2 i regeringsuppdrag om åtgärder för att motverka vattenbrist i ytvattentäkter. HYDROLOGI Nr 121, 2019

## 6.2 Överslagsberäkningar av vattenbehov och magasineringmöjligheter

Överslagsberäkningar har gjorts för att undersöka dels hur stor volym som kan lagras vid en nivåhöjning på 1 dm i Listersjön, dels hur många dagar med MLQ-flöde detta motsvarar. Som ett exempel har också volymsunderskottet (räknat som saknad volym för att nå MLQ) under 2018 beräknats och satts i relation till Listersjöns volym. Underlag för att beräkna MLQ och volymsunderskottet har varit flödesberäkningarna för Listerbyåns mynning i havet.

För Listersjön, som är 2 km<sup>2</sup> till ytan, innebär en nivåhöjning om 1 dm en ökad volym på omkring 0,2 Mm<sup>3</sup>. Denna volym motsvarar ca 1,5 månad av ett extra flöde lika stort som MLQ.

För år 2018 beräknades volymsunderskottet, Figur 8, till ca 0,5 Mm<sup>3</sup>. För att kompensera för de torra förhållandena, skulle en nivåökning om 2,3 dm i Listersjön, om den nyttjades optimalt, kunnat användas till att upprätthålla ett flöde på minst MLQ under hela år 2018.



Figur 8. Volymsunderskott (blått fält) mellan faktiskt flöde (svart linje) och MLQ vid Listerbyåns mynning i havet under lågflödesperioden 2018.

Baserat på dessa överslagsberäkningar bedöms det vara möjligt att med en aktiv reglering av Listersjön, i syfte att spara vatten, kunna hålla uppe de lägsta flödena i nedre delen av Listerbyån under torra somrar. Avdunstningen gör dock att stora marginaler i magasinerat vatten behövs för att säkerställa att det finns vatten kvar när behov uppstår för att inte riskera att hamna på för låga nivåer i sjön.

Det finns också andra sjöar än Listersjön i systemet, samt flera dammar, men dessa är mindre till ytan och hur de regleras är okänt. Vissa av dessa kan dock vara intressanta att undersöka i syfte att magasinera vatten, som ett komplement till Listersjön.

Att återställa tidigare avsänkta sjöar i vattenhushållande syfte är också möjligt men kan vara problematiskt främst av två skäl sett ur vattenperspektivet:

1. Det leder till ökad avdunstning varma somrar, vilket behöver ställas i relation till den magasinerade volym som en uppdamning kan ge. För att nyttan med en uppdamning ska överväga den ökade avdunstningen bör den tillskapade sjön vara liten och djup.

2. En uppdämning av tidigare jordbruksmark kan leda till försämrade vattenkvalité nedströms, dels pga. av att gödningsämnen kan frigöras, dels pga. av de högre vattentemperaturer som kan uppkomma (speciellt om vattendjupet är litet).

Av dessa anledningar är det ur ett vattenhushållningsperspektiv bättre att nyttja befintliga sjöar än att skapa nya. Det finns förstås andra positiva effekter av återställning av avsänkta sjöar, tex för den biologiska mångfalden.



## 7. Slutsatser

En vattenbalansmodell för Listerbyån har tagits fram. Modellen kan användas för att studera vattenhushållning inom Listerbyåns avrinningsområde.

I föreliggande studie har modellen använts för att studera hur lågflödesförhållanden kan ändras i ett framtida klimat, där resultaten visar att problemen med torra förhållanden väntas öka till slutet av seklet.

Överslagsberäkningar som har gjorts pekar på att det bör finnas goda möjligheter att minska problemen med lågflöden i Listerbyån om tex Listersjön eller andra sjöar reglerades för det syftet. För sådan reglering kan det krävas nya vattendomar.

Det uttag som finns av råvatten vid Hjortsberga kan utgöra en stor andel av tillgängligt vatten vid lågflödessituationer i Listerbyån, men exakt information om uttagets storlek under lågflödessituationer saknas. Utöver vattenuttaget i Hjortsberga visar en kartläggning att det finns andra förmodade uttag ur ån, information om storleken på dessa saknas helt.

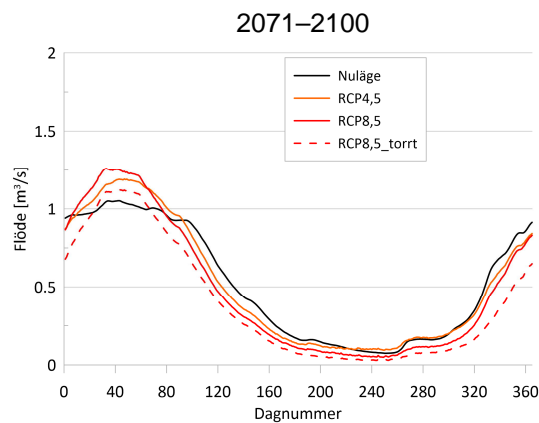
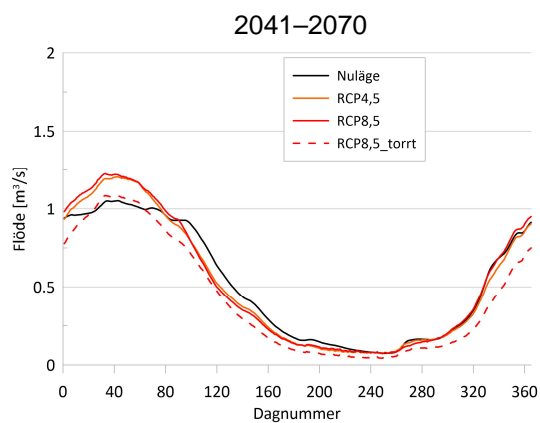
Framöver kan vattenbalansmodellen användas för att i detalj studera hur en reglering av sjöar, i syfte att spara vatten, skulle kunna fungera. Med vattenbalansmodellen går detta att studera både under nuvarande förhållanden samt för ett framtida och förändrat klimat.

# Bilaga A – Klimatanalyser

## Utloppet av Hängbrunnen

### Medelvattenföring

| Variant | Utsläpps-scenario | Tidsperiod | MQ helåret [m <sup>3</sup> /s] | MQ sommar apr-sept [m <sup>3</sup> /s] |
|---------|-------------------|------------|--------------------------------|--|
| Nuläge  | -                 | 1992–2020  | 0,54                           | 0,33                                   |
| År 2018 | -                 | 2018       | 0,50                           | 0,26                                   |
| Normal  | RCP4,5            | 2041–2070  | 0,52                           | 0,26                                   |
| Normal  | RCP4,5            | 2071–2100  | 0,51                           | 0,28                                   |
| Normal  | RCP8,5            | 2041–2070  | 0,51                           | 0,27                                   |
| Normal  | RCP8,5            | 2071–2100  | 0,48                           | 0,23                                   |
| Torrt   | RCP8,5            | 2071–2100  | 0,40                           | 0,19                                   |



## Lågvattenföring

| Tidsperiod | Utsläpps-scenario | Variant   | MLQ [l/s] | Andel år då flöden under $MLQ_{nuläge}$ förekommer | Medel, antal månader med flöden under $MLQ_{nuläge}$ (för år då dessa förekommer) |
|------------|-------------------|-----------|-----------|--|---|
| Nuläge     | -                 | 1992–2020 | 44        | 59%  | 1,6   |
| År 2018    | -                 | 2018      | 0         | 100%   | 5,0   |
| Normal     | RCP4,5            | 2041–2070 | 29        | 79%  | 2,1   |
| Normal     | RCP4,5            | 2071–2100 | 33        | 69%  | 2,1   |
| Normal     | RCP8,5            | 2041–2070 | 28        | 72%  | 2,2   |
| Normal     | RCP8,5            | 2071–2100 | 16        | 86%  | 2,7   |
| Torrt      | RCP8,5            | 2071–2100 | 6         | 97%  | 3,5   |

## Bilaga B – Klimatfaktorer

| RCP4,5 (Lägre utsläpsscenario)      | 2041–2070     |                 |                    | 2071–2100     |                 |                    |
|-------------------------------------|---------------|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|--------------------|
|                                     | Nederbörd [%] | Temperatur [°C] | Mark-avrinning [%] | Nederbörd [%] | Temperatur [°C] | Mark-avrinning [%] |
| <b>Medianen av klimatmodellerna</b> |               |                 |                    |               |                 |                    |
| <b>Klimatfaktorer för:</b>          |               |                 |                    |               |                 |                    |
| Januari                             | 11            | 2,1             | 16,9               | 15            | 2,8             | 10,5               |
| Februari                            | 3             | 2,6             | 13,8               | 15            | 2,7             | 15,4               |
| Mars                                | 9             | 2,2             | -5,5               | 23            | 2,8             | -2,3               |
| April                               | 6             | 1,8             | -35,8              | 15            | 2,1             | -28,1              |
| Maj                                 | 16            | 1,8             | -13,8              | 16            | 2,3             | -17,2              |
| Juni                                | 7             | 1,7             | 1,6                | 18            | 2,1             | 8,5                |
| Juli                                | 3             | 1,9             | -4,6               | 6             | 2,5             | 5                  |
| Augusti                             | 8             | 2,3             | 0,1                | 22            | 3               | 36,6               |
| September                           | -1            | 2,4             | -28,1              | 7             | 2,8             | -9,7               |
| Oktober                             | 9             | 1,9             | -10,8              | 13            | 2               | -28,8              |
| November                            | 10            | 1,6             | -5,6               | 7             | 2,3             | -17,7              |
| December                            | 13            | 1,9             | 1,1                | 14            | 2,2             | -11,2              |

| RCP8,5 (högre utsläpsscenario)      | 2041–2070     |                 |                    | 2071–2100     |                 |                    |
|-------------------------------------|---------------|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|--------------------|
|                                     | Nederbörd [%] | Temperatur [°C] | Mark-avrinning [%] | Nederbörd [%] | Temperatur [°C] | Mark-avrinning [%] |
| <b>Medianen av klimatmodellerna</b> |               |                 |                    |               |                 |                    |
| <b>Klimatfaktorer för:</b>          |               |                 |                    |               |                 |                    |
| Januari                             | 19            | 2,7             | 13,5               | 32            | 4,7             | 24,7               |
| Februari                            | 12            | 3               | 14,2               | 26            | 4,8             | 18,5               |
| Mars                                | 15            | 2,9             | -10,5              | 31            | 4,3             | -12,4              |
| April                               | 14            | 2,1             | -26,9              | 20            | 3,7             | -36,8              |
| Maj                                 | 24            | 2,2             | -6,7               | 30            | 3,4             | -29,9              |
| Juni                                | 11            | 1,9             | -3,6               | 14            | 3,3             | 3,6                |
| Juli                                | -3            | 2,5             | -13,1              | -1            | 4,4             | -12,7              |
| Augusti                             | 12            | 2,9             | 10,3               | 5             | 5,5             | -5,5               |
| September                           | 0             | 2,9             | -11,2              | 9             | 4,8             | -28                |
| Oktober                             | 9             | 2,6             | -21                | 13            | 3,8             | -43,5              |
| November                            | 9             | 2,2             | -12,9              | 13            | 3,7             | -21,3              |
| December                            | 17            | 2,3             | -3,3               | 27            | 4               | -8,7               |

| RCP8,5 (högre utsläpsscenario)<br><u>Torrt (25:e eller 75:e percentilen av klimatmodellerna)</u><br>Klimatfaktorer för: | 2071–2100                  |                              |                                |
|---|----------------------------|------------------------------|--------------------------------|
|   | Nederbörd (25:e perc.) [%] | Temperatur (75:e perc.) [°C] | Markavrinning (25:e perc.) [%] |
| Januari   | 22                         | 5                            | 14,4                           |
| Februari  | 15                         | 5,3                          | 11                             |
| Mars  | 23                         | 4,4                          | -23,1                          |
| April   | 11                         | 4                            | -45,8                          |
| Maj   | 12                         | 3,9                          | -34,9                          |
| Juni  | 4                          | 3,9                          | -28,8                          |
| Juli  | -16                        | 4,5                          | -31,6                          |
| Augusti   | -4                         | 5,6                          | -18                            |
| September   | -6                         | 5,7                          | -41                            |
| Oktober   | 3                          | 4,6                          | -52                            |
| November  | 6                          | 4,1                          | -45,2                          |
| December  | 21                         | 4,4                          | -22,5                          |

## Bilaga C – Sjöinformation

De stora sjöarnas egenskaper:

| Namn          | yta (km <sup>2</sup> ) | Sjöns maxdjup (m) | Sjöns medeldjup (m) | Sjöns volym (miljoner m <sup>3</sup> ) | Vattenytans höjd över havet (m) |
|---------------|------------------------|-------------------|---------------------|--|---------------------------------|
| Listersjön    | 2,0                    | 9,9               | 3,0                 | 5,7                                    | 61,4                            |
| Hängbrunnen   | 0,2                    | 5,3               | 1,9                 | 0,5                                    | 62,2                            |
| Stensjön      | 1,2                    | 5,2               | 2,1                 | 2,2                                    | 119,2                           |
| Sännen        | 1,1                    | 12,5              | Ej känt             | Ej känt                                | 62,3                            |
| Ljusterhövden | 0,9                    | 15,0              | 3,1                 | 2,8                                    | 109,1                           |
| Hallsjön      | 0,3                    | 17,3              | 6,1                 | 2,0                                    | 63,3                            |

Källa: <http://vattenwebb.smhi.se/svarwebb/>

Information om avbördnings samband för sjöar som behandlades som oreglerad ges av tabellen nedan. Flödet ur resp. sjö beräknas enligt Ekvation 1:

$$Utflöde = Rate * h^{Exp} \quad \text{Ekvation 1}$$

Utfödet har enheten [m<sup>3</sup>/s], h [m] är vattennivån mätt från sjöns tröskelnivå, parametrarna Rate och Exp ges av tabellen nedan:

| Sjönamn       | Parametrar* |     |
|---------------|-------------|-----|
|               | Rate        | Exp |
| Listersjön    | 1,5         | 2,0 |
| Hängbrunnen   | 5,0         | 1,6 |
| Stensjön      | 0,6         | 2,0 |
| Sännen        | 0,4         | 1,7 |
| Ljusterhövden | 0,65        | 2,0 |
| Hallsjön      | 0,5         | 1,7 |

Parametrarna Rate och Exp för beräkning av utflöde från en oreglerad sjö (Andersson, 2012)<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Simon Andersson 2012. Avbördningsekvationer för sjöar utan vattenföringsmätningar.

## Hängbrunnen:

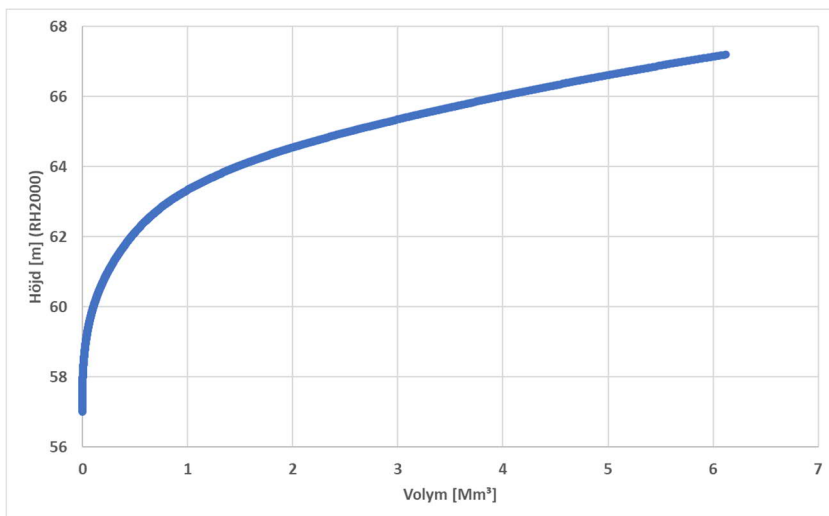
Hängbrunnen och Listersjöns vattennivå regleras via utloppet av Hängbrunnen. Utloppet regleras via tre luckor (se bild nedan). Det saknas information om luckorna, såsom tröskelnivå och hur de regleras. I modellen har därför en generaliserad avbördningskurva använts (tabellen ovan) för att beskriva utflödet ur Hängbrunnen. Modellen har dock förberetts genom att luckor och en mintappning har lagts in och att ett litet flöde tillåts passera genom luckorna. Öppningen för luckorna har satts till 0,1 m<sup>2</sup> och mintappningen till 0,1 m<sup>3</sup>/s. Sänkingsgräns för sjön ligger på +62,58 och dämningensgränsen på +61,5 (RH2000).



Bild på reglerluckorna vid Hängbrunnen utlopp (foto: Naturfokus).

För Listersjön och Hängbrunnen, som ansågs särskilt viktig för systemet, togs en magasinkurva fram baserat på en sjödjupskarta fritt tillgängliga på SMHI:s Vattenwebb. En magasinkurva beskriver förhållandet mellan sjöns vattenvolym och vattennivå och beskriver i detta fall de bågge sjöarna som ett gemensamt magasin.

I sjödjupskartan anges djupet relativt en strandlinje. I konverteringen till RH2000 har strandlinjen antagits ligga på en nivå baserat på lantmäteriets höjddata. En visst systematiskt fel i magasinkurvan kan därför förekomma pga. av osäkerheter i strandlinjen faktiska nivå då sjödjupskartan upprättades.



Magasinkurva för sjön Listersjön/Hängbrunnen. Framtagen genom digitalisering av sjökarta från SMHI (<https://vattenwebb.smhi.se/svarwebb/>).